



# Application de la concurrence par comparaison aux marchés régionaux du système ferroviaire français

Julien Lévêque

## ► To cite this version:

Julien Lévêque. Application de la concurrence par comparaison aux marchés régionaux du système ferroviaire français. Groupe d'Economie Mathématique et de Microéconomie Appliquée (Gemma), Ecole Doctorale Economie Gestion Normandie. XIIIèmes journées du SESAME : Séminaire d'Etudes et de Statistiques Appliquées à la Modélisation en Economie, 8-10 sept. 2003, Caen, 2003, France. 19 p. halshs-00091919

**HAL Id: halshs-00091919**

**<https://shs.hal.science/halshs-00091919>**

Submitted on 11 Jun 2007

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Application de la concurrence par comparaison aux marchés régionaux du système ferroviaire français

Julien Lévêque  
Laboratoire d'Économie des Transports (UMR 5593)  
Université Lumière Lyon 2  
& École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE)  
ISH 14 avenue Berthelot 69363 Lyon Cedex 07  
Tél : 04.72.72.64.46  
Fax : 04.72.72.64.48  
E-mail : jleveque@let.ish-lyon.cnrs.fr

## Résumé :

Ce papier propose un modèle permettant d'évaluer l'efficacité relative des différentes activités TER de la SNCF, afin d'appliquer la concurrence par comparaison aux marchés du transport ferroviaire régional de voyageurs. Nous décrivons la démarche suivie dans l'élaboration de ce modèle : cadre général, modélisation et traitement économétrique.

## Abstract :

This paper discusses a model which permit to evaluate the relative efficiency of French regional trains operating. The objective consists in implementing yardstick competition on passenger regional rail markets. We describe the process followed in elaborating this model : general framework, modelization and econometric solving.

## Introduction

Dans le cadre des réflexions sur la réglementation des industries de réseau, plusieurs modèles de concurrence par comparaison (« *yardstick competition* ») ont été élaborés. Si Shleifer (1985) [1] en fut l'initiateur avec un modèle très simple, de nombreux auteurs ont contribué au développement de cette théorie par des

compléments successifs. Nous nous inscrivons ici dans le cadre proposé par Auriol (2000) [2] qui tient compte des questions de sélection adverse. De manière générale, le principe de tous ces modèles découle du triple constat suivant :

1. Il existe des monopoles naturels qu'il est nécessaire de réglementer afin d'éviter tout abus de la part de l'entreprise en charge du monopole.
2. Cependant une réglementation efficace se heurte à des problèmes d'asymétrie informationnelle, en ce sens que le régulateur, contrairement à la firme-opérateur, ne dispose pas de toutes les informations fiables dont il aurait besoin pour une réglementation optimale du marché.
3. Toutefois, lorsque plusieurs entreprises opèrent sur des monopoles naturels semblables et géographiquement distincts, elles dégagent des externalités informationnelles dont le régulateur peut tirer parti par des comparaisons inter-entreprises. Un travail de collecte et de traitement des données relatives à la production et aux coûts permet alors d'évaluer les performances relatives des entreprises. Ces comparaisons permettent au régulateur d'accroître sa capacité d'expertise, et leurs résultats induisent des comportements concurrentiels en créant une certaine émulation dans le secteur.

L'idée ici, consiste à appliquer cette logique de concurrence par comparaison aux marchés régionaux du système ferroviaire français. En effet, depuis 2002, chaque région administrative<sup>1</sup> s'est vue confier la gestion du transport ferroviaire de voyageurs (TER) sur son territoire. L'objectif du modèle consiste donc à fournir un outil d'appréciation des performances relatives des services TER de la SNCF dans les différentes régions administratives.

Étant donné cet objectif, il est impératif de corriger au maximum l'hétérogénéité externe, susceptible de biaiser non uniformément les performances des opérateurs. Nous nous attacherons d'abord à la résolution de ce problème à travers l'élaboration du cadre de notre modèle, après avoir clairement défini ce que nous évaluerons - l'efficacité des différentes activités TER, telle que la définit Lovell (1993) [3]. Cette première étape nous conduira à retenir comme indicateur de performance le coût du train-kilomètre. Dans un second temps, nous examinerons les différentes variables endogènes intervenant dans notre modèle (subventions, recettes, trafic, demande contractuelle, charges...), ainsi que les relations qui existent entre elles. Enfin, nous discuterons de la résolution économétrique du problème (sa formulation et son traitement). La formulation du problème nous amènera à expliciter les fonctions de demandes et de coût en ayant recours aux formes théoriques (modèle gravitaire, fonction de Cobb-Douglas). Le traitement du problème consistera à évaluer l'inefficacité des opérateurs par des frontières de coût, dans le cas de données de panel, dans l'esprit des travaux de Lovell et Kumbhakar.

---

<sup>1</sup>à l'exception de la Corse et de l'Île-de-France.

# Élaboration du cadre du modèle

Nous nous attacherons dans cette partie à définir plus précisément le cadre de notre modèle à partir des objectifs que nous lui assignons et des contraintes qui en découlent, notamment en terme de correction de l'hétérogénéité externe.

## 1 Effets de dépendance spatiale et définition du problème

### 1.1 Définition des effets de dépendance spatiale

La comparaison des performances des TER se doit de refléter les performances des différentes activités régionales de la SNCF, corrigées de l'hétérogénéité externe susceptible de les biaiser. Cela est d'autant plus nécessaire que le modèle vise à inciter localement la SNCF à améliorer son efficacité; celui-ci doit donc être le plus robuste possible afin de crédibiliser le mécanisme de concurrence par comparaison. Nous faisons donc le choix d'évaluer la performance des différentes activités TER par une estimation de leur efficacité, telle que la définissent Lovell (1993) [3] et Waters (2000) [4]<sup>2</sup>. Au sein des diverses sources d'hétérogénéité externe, il convient de prêter notamment attention aux politiques particulières que les régulateurs régionaux peuvent poursuivre; reprenant la terminologie de Bivand & Szymanski (1997) [5] qui ont étudié ce phénomène, nous parlerons de dépendance spatiale. Il s'agit de tenir compte du fait que bien souvent, une volonté de décentralisation conduit chacun des opérateurs en charge d'un monopole local à faire face à un régulateur local et non à un unique régulateur central, ce qui correspond bien à notre cas d'application. Chaque régulateur régional peut pratiquer une politique particulière, susceptible d'influencer les performances de son opérateur et donc celles du référentiel de comparaison. Ces effets de dépendance spatiale sont d'autant plus difficilement contrôlables qu'ils ne sont pas toujours observables.

### 1.2 Mise en évidence des effets de dépendance spatiale lors des comparaisons des performances des TER

Les effets de dépendance spatiale naissent de ce que contrairement à d'autres services en réseau (distribution en eau, énergie, télécommunications...), le taux d'accessibilité au service public de transport ferroviaire régional est laissé à la

---

<sup>2</sup>Ces auteurs entendent par « productivité » tout ratio du type  $\frac{\text{output}(s)}{\text{input}(s)}$  (qui se trouve alors affecté par divers facteurs : efficacité, « quasi-facteurs » environnementaux...). L'« efficacité » de la production, elle, rend compte de la comparaison entre les valeurs observées et optimales des outputs et inputs.

libre appréciation du régulateur, sachant qu'il est impossible de desservir la totalité de la population régionale. Aussi, si l'on compare les trafics ferroviaires dans leur globalité, les différentes évaluations politiques de la pertinence du fer peuvent biaiser les comparaisons : Si une région souhaite développer le transport ferroviaire sur des lignes où le trafic est structurellement faible, son opérateur - suivant l'indicateur de performance retenu - pourra sembler peu performant par rapport à celui d'une région qui mise essentiellement sur les axes les plus lourds. Nash (2000) [6] souligne l'impact du contexte d'exploitation et de l'intervention des pouvoirs publics sur l'efficacité des entreprises ferroviaires et propose d'autres exemples. Notons que ce risque de distorsion non corrigible est cependant amoindri lorsque les comparaisons sont menées par une agence commune des régulateurs (le Groupement des Autorités Responsables de Transport - GART - ou l'Association des Régions de France - ARF -, dans notre cas).

Considérant cet aspect de l'hétérogénéité externe, posons-nous la question du périmètre de notre modèle qui nous amènera à mieux définir l'indicateur de performance de nos opérateurs :

### 1.3 Faut-il considérer comme demandeur du service l'autorité organisatrice régionale ou bien les voyageurs ?

La pertinence de cette question n'est pas à démontrer, compte tenu de la contribution financière majoritaire de l'autorité organisatrice régionale et de son implication dans la définition du service (c'est elle qui fixe le niveau de demande finale)<sup>3</sup>. Cette question nous conduit à nous interroger dans la lignée de Bouf & Péguy (2001) [8] sur la façon dont nous souhaitons aborder la performance de nos opérateurs :

Lorsque la Région est considérée comme demandeuse du service TER, la demande est exprimée en trains.kilomètres (Tr.K) et la performance de l'opérateur est alors évaluée par l'efficacité productive (*cost efficiency*). Ce modèle présente deux avantages majeurs : D'une part, il nous permet d'exclure en partie la question de l'adéquation de l'offre à la demande<sup>4</sup> dans l'évaluation de la productivité de l'opérateur, ce qui est souhaitable dans la mesure où le régulateur régional définit l'offre et où l'on souhaite n'évaluer que la performance de l'opérateur. D'autre part, ce modèle se justifie par le fait que c'est l'autorité organisatrice régionale qui bénéficie des gains de productivité de l'opérateur ; c'est à ce niveau qu'il est possible d'observer une élasticité entre la demande et le prix payé par l'exécutif régional (la subvention).

---

<sup>3</sup> « Il n'est pas interdit de considérer [...] que les pouvoirs publics deviennent le client, et que la production de l'entreprise ferroviaire est constituée par un certain niveau de service, plutôt que par le transport d'un certain nombre de personnes. » (Nash & Shires (2000) [7])

<sup>4</sup> puisque par convention contractuelle entre le régulateur régional et l'opérateur, l'offre de ce dernier correspond à la demande définie par le premier (à quelques aléas près...). Toutefois, il demeurera nécessaire d'estimer une relation entre le trafic et l'offre afin de résoudre les équations du modèle.

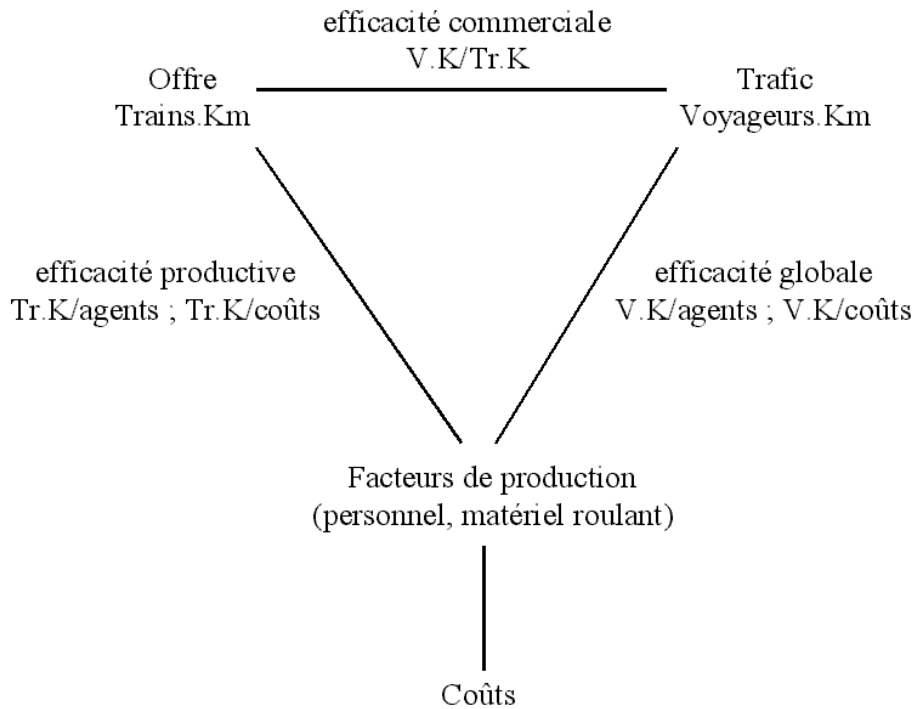


FIG. 1 – Les trois dimensions de la performance ferroviaire

En revanche, lorsque les voyageurs sont considérés comme demandeurs, la demande est exprimée en voyageurs.kilomètres (V.K) et la performance de l'opérateur est évaluée par l'efficacité globale (*effectiveness* - qui est le produit de l'efficacité productive précédente par l'efficacité commerciale). L'efficacité commerciale (égale au rapport  $\frac{V.K}{Tr.K}$  : taux de remplissage des trains) induit un effet de dépendance spatiale important car c'est en définitive le régulateur régional qui juge s'il souhaite maintenir en circulation des trains peu fréquentés. Cela soulève la question de la pertinence des comparaisons de l'efficacité commerciale de la SNCF entre des régions aussi disparates que Rhône-Alpes, la Picardie et le Limousin où les besoins de déplacements et les alternatives modales sont très différents. De plus, le trafic régional (V.K) n'étant pas lié au prix régional du service<sup>5</sup> et les voyageurs

<sup>5</sup>les voyageurs ne contribuant directement qu'aux recettes commerciales fixées nationalement au même niveau pour toutes les régions

ne bénéficiant pas directement des gains de productivité de l'opérateur, il nous semble plus pertinent de développer un modèle fondé sur la logique précédente.

## 1.4 Conclusion - choix d'un indicateur de performances

Ainsi, les effets de dépendance spatiale et la nécessité d'avoir une variable de demande susceptible de varier avec les prix nous conduisent à élaborer un modèle dont la demande émanerait de la région. Nous retenons comme indicateur de performance le prix du train.kilomètre. Cela nous permettra d'évaluer à travers nos scores d'inefficience les inefficiences technique et allocative, ainsi que les rentes informationnelles<sup>6</sup>. Nous verrons que ce prix dépend encore partiellement du cahier des charges imposé par le régulateur régional à l'opérateur ferroviaire, dépendance qu'il faudra corriger.

Le prix du train.kilomètre est classiquement décomposé en deux éléments : les charges d'exploitation forfaitisées, notées  $C_1$  sur lesquelles la SNCF assume le risque industriel et les charges notées  $C_2$  dont la SNCF n'a pas la maîtrise (péage d'infrastructure, charges de capital liées au matériel roulant...) refacturées *ad valorem* à la région. Aussi, le prix du train.kilomètre que nous retiendrons correspondra aux charges  $C_1$  minorées des charges routières<sup>7</sup> et des pénalités pour non-circulation des trains et augmentées du solde de l'intéressement à la fréquentation. Ce prix couvrira ainsi les charges de conduite, accompagnement (contrôleur), énergie, entretien (gares et matériel roulant), guichet de vente, manœuvre, gestion, ainsi que les frais de structure de la SNCF et sa rémunération.

## 2 Autres facteurs d'hétérogénéité externe

Nous avons vu qu'il était nécessaire de tenir compte de l'environnement externe aux opérateurs lors de nos estimations. En effet, afin de « comparer ce qui est comparable », nos prix doivent être régressés sur les « quasi-facteurs » (définis par Farrell (1957) [9]) qui expliquent la part exogène des prix du train.kilomètre et biaisent les comparaisons. Par ailleurs, l'estimation de la demande régionale en trains.kilomètres ne peut se réduire à des variables exogènes, compte tenu de la disparité des régions à laquelle nous faisons face.

---

<sup>6</sup>Soulignons que l'indicateur de coût s'impose également par l'absence d'indicateur portant sur les principaux inputs : le personnel et le matériel roulant. En effet, qu'il s'agisse des agents de vente, accompagnement, manœuvre ou conduite, aucun n'est rattaché à une activité TER régionale en particulier puisqu'ils travaillent aussi pour Grandes Lignes, voire pour le Fret. De même, il est malaisé de définir le parc du matériel roulant affecté à la réalisation d'un service régional TER.

<sup>7</sup>selon les régions, entre 1% et 38% des véhicules.kilomètres TER sont réalisés en car (chiffres 2000) à un coût bien moindre qu'en train. Nous ne tenons évidemment pas compte ici de ces services routiers qui n'ont pas vocation à être gérés par la SNCF

## 2.1 Les différentes sources de biais sur les coûts

Il est possible de distinguer quatre ensembles de paramètres (quasi-facteurs) de nature différente :

- Éléments liés à l'infrastructure disponible :

**La qualité de la voie** (relief, sinuosité, capacité) qui détermine la vitesse des trains influe sur l'efficacité productive. En effet, à effectif identique, le nombre de rotations du matériel et des agents augmente avec la vitesse.

**L'électrification** d'une ligne permet d'avoir recours à du matériel roulant à traction électrique dont les coûts d'exploitation sont inférieurs à ceux d'un matériel similaire à traction thermique.

**La localisation des établissements** (du matériel et de la traction, d'entretien et de maintenance. . .) par rapport à l'ensemble des activités de transport peut induire des distorsions entre les régions selon qu'il faut parcourir des trajets à vide plus ou moins longs. Cependant, nous pensons que le taux de parcours effectué à vide est une source d'hétérogénéité parfaitement endogène, qu'il appartient à l'opérateur de réduire par une remise en cause de son organisation spatiale.

- Éléments liés au matériel roulant :

**L'âge et la lourdeur du matériel roulant utilisé** : autorail/automotrice, automoteur, rame tractée réversible ou non engendrent une augmentation des coûts d'exploitation (consommation d'énergie, besoins en accompagnement), d'entretien et de maintenance. Il n'est pas possible de connaître la part de trains.kilomètres réalisés avec les différents types de matériel roulant par région administrative. Nous pouvons en revanche avoir recours à la variable  $\frac{V.K}{Tr.K}$  (nombre moyen de voyageurs par train) qui renseigne la densité moyenne du trafic dans les différentes régions et paraît à la fois plus mesurable et plus pertinente.

- Éléments liés aux contraintes de service public sur l'offre ferroviaire :

**Le nombre d'arrêts moyen par train.kilomètre** affecte les coûts d'exploitation des trains (à travers la vitesse commerciale qui s'en trouve pénalisée) et des gares.

**La répartition des Tr.K entre heures pleines et heures creuses** devrait également influencer sur les prix. Une région qui choisit de développer l'offre en heure creuse bénéficiera de prix moins élevés qu'une autre qui concentre ses efforts sur le développement des TER en heure pleine.



- Éléments sociaux :

**Le taux d'incivilités régional** influe sur les coûts d'accompagnement et d'entretien (tant du matériel roulant que des gares)

**Les mouvements sociaux** ont un impact pris en compte dans le modèle : la demande en trains.kilomètres correspond au nombre de Tr.K ayant réellement circulé, elle est donc nette des effets grèves. En revanche, les perturbations du trafic pour cause de mouvement social sont répercutées au niveau du prix du service puisque celui-ci intègre les pénalités versées par la SNCF en cas de non-réalisation de l'offre. Ces pénalités négociées dans chaque convention régionale sont plus ou moins élevées suivant les régions; elles demeurent toutefois bien inférieures au coût du Tr.K, de sorte que les coûts unitaires paraîtront d'autant plus élevés dans une région qu'il y aura eu d'importants mouvements sociaux.

## 2.2 Les déterminants de la demande de TER

Conformément à ce que nous avons décidé dans la section précédente, notre modèle s'articulera autour de la demande en trains.kilomètres exprimée par le régulateur régional; toutefois, il demeure nécessaire de prendre en compte dans les équations du modèle le trafic (nombre de voyageurs.kilomètres), correspondant à la demande des voyageurs. Aussi, nous considérerons un duopsone région - voyageurs dont les fonctions de demande sont respectivement notées  $D$  et  $T$ .

$D$ , **nombre de trains.kilomètres** dépend de la subvention à verser pour chaque Tr.K. Mais le niveau de demande est majoritairement déterminé exogènement que ce soit par un indicateur de la richesse régionale (vraisemblablement la moyenne des revenus des foyers fiscaux) ou par des éléments morphologiques. Parmi ces derniers, la population régionale et sa distribution dans l'espace devraient constituer une base solide qu'il conviendra de compléter.

$T$ , **nombre de voyageurs.kilomètres** dépend largement de l'offre ferroviaire  $D$ . Le prix payé par les voyageurs étant identique entre les régions, seule la prise en compte des compensations tarifaires (susceptibles d'abaisser le prix du billet) peut constituer un indicateur de prix pertinent. A cela s'ajouteront encore d'autres éléments morphologiques, toujours sur la base de la population régionale et de sa distribution dans l'espace.

# Variables endogènes - structure de modélisation

## 3 Définition des variables endogènes

- $R$  : recettes : il s'agit des recettes commerciales (tirées de la vente des titres), des compensations tarifaires pour tarifs sociaux et des recettes annexes (publicité, amendes...)
- $CT$  : compensation tarifaire destinées à combler le manque à gagner sur les tarifs sociaux et régionaux.
- $S$  : subvention versée par la région à l'opérateur selon les termes de la convention signée.
- $s$  : subvention unitaire au train.kilomètre.
- $P$  : prix payé par la collectivité et les voyageurs à l'opérateur pour le service TER. *Ex post*, on a :  $P = R + S - C_2$ . Ce prix correspond à la somme des coûts  $C_1$ , de la rémunération de l'opérateur et du flux résultant de l'intéressement aux résultats...
- $C_2$  : charges exogènes remboursées par la région *ad valorem* : péages d'infrastructure, charges de capital liées au matériel roulant...
- $C_1$  : coût pour l'opérateur de la production du service TER.
- $T$  : trafic exprimé en voyageurs.kilomètres, correspondant à la demande latente de services TER.
- $D$  : demande contractuelle en services TER exprimée en trains.kilomètres, fixée dans la convention d'exploitation par la région.
- $O$  : offre de services TER correspondant à la demande contractuelle.

## 4 Relations entre les variables endogènes

Nous utilisons la notation  $= f(.)$  pour indiquer « est fonction de », sans qu'il s'agisse à chaque fois de la même fonction  $f$ . Ne sont indiquées ici en variables explicatives que les variables endogènes du modèle, auxquelles il faudra ajouter les quasi-facteurs exogènes.

- $R = f(T)$  : les recettes dépendent du trafic (nombre de V.K) de façon quasi linéaire. En effet, le coût d'un billet plein tarif est une fonction affine par morceaux du parcours kilométrique et la distribution des distances de déplacement est similaire dans chaque région. De plus, les compensations tarifaires sont calculées de façon suffisamment précise pour combler assez exactement le manque à gagner sur les tarifs sociaux. Les recettes annexes s'expliquent en partie par le trafic et en partie par l'efficacité commerciale de l'opérateur. On retiendra donc une forme linéaire  $R = rT$ .

- $s$  : la subvention unitaire au train.kilomètre est la variable prix autour de laquelle s’ajuste l’équilibre économique.
- $S = sD$
- $P = R + S - C_2$  : le prix payé par la collectivité et les voyageurs à l’opérateur est la somme de la subvention versée par la région (subvention d’équilibre *ex ante*) et des recettes  $R$  diminuée des charges exogènes  $C_2$  (inclues dans  $S$ ). Il s’agit de la variable à estimer pour chaque région, à partir de laquelle nous calculerons les scores d’efficience.
- $C_1 = f(D)$  : le coût total de production de l’opérateur dépend de la demande pour des raisons d’économies d’échelle, ainsi que des facteurs d’hétérogénéité externe.
- $T = f(O)$  : le trafic voyageurs dépend de l’offre (notamment en terme de fréquence de dessertes). Dans la mesure où les conditions tarifaires (prix au voyageur.kilomètre) sont identiques pour l’ensemble des services TER, à l’exception d’efforts supplémentaires consentis par les régions (compensations tarifaires  $CT$ ), il conviendra de tester si une forme  $f(O, CT)$  n’expliquerait pas mieux le trafic. Enfin, d’autres variables exogènes pourront être introduites sous la forme d’un modèle gravitaire.
- $D = f(s)$  : la demande contractuelle exprimée par la région dépend du montant de subventions réclamées par l’opérateur et de variables exogènes (population, richesse...).
- $O = D$  : l’offre en trains.kilomètres produite par l’opérateur est censée correspondre à la demande contractuelle.

## 5 Structure du modèle

Nous récapitulons dans cette section les résultats de cette partie, en les illustrant par la figure 2 (voir page suivante). Le schéma propose une articulation possible des mécanismes aboutissant à faire rouler  $D$  Tr.K au prix unitaire  $p$ . Cette structure n’est pas figée ; il conviendra au contraire de tester plusieurs configurations. Toutefois, nous considérerons ici le mécanisme suivant :

1. Un équilibre prix  $s$  - demande  $D$  s’établit entre une région et la direction locale de la SNCF. Il correspond à une subvention totale de la région d’un montant  $S$ .
2. Afin de réaliser son engagement contractuel, la SNCF offre aux voyageurs  $O = D$  Tr.K, ce qui lui coûte  $C_1$ .
3. Cette offre ferroviaire ainsi que les compensations tarifaires disponibles contribuent à générer une demande de déplacements (le trafic)  $T$ .
4. À ce trafic correspond un volume de recettes commerciales  $R = rT$ .
5. Ces recettes, la subvention totale versée par la région et les charges exogènes  $C_2$  permettent de définir le prix total  $P$  payé par la collectivité et les voyageurs

à la SNCF pour l'exploitation des  $D$  Tr.K. C'est à partir de cette variable que nous estimerons les scores d'efficacité.

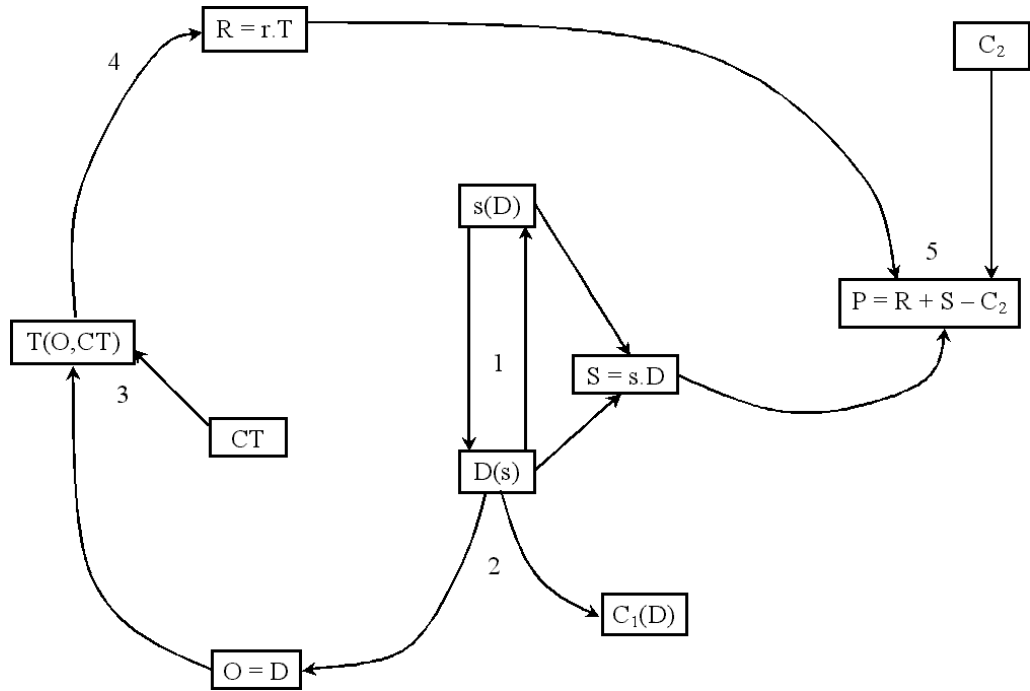


FIG. 2 – Structure du modèle

# Résolution économétrique du problème

## 6 Formulation du problème

### 6.1 Fonctions objectif

**Objectif de l'opérateur  $n$  :** maximiser son profit :

$$\text{Max}_{s_n} P_n - C_1[D(s_n)]$$

$$\text{Max}_{s_n} R_n + S_n - C_{2,n} - C_1[D(s_n)]$$

$$\text{Max}_{s_n} rT[D(s_n)] + s_n D(s_n) - C_{2,n} - C_1[D(s_n)]$$

**Objectif du régulateur  $n$  :** maximiser son propre surplus. Cependant, compte tenu du poids de l'opérateur national dans les négociations et de l'attitude raisonnable, voire bienveillante des régulateurs régionaux à son égard, il semble réaliste d'introduire dans la fonction objectif du régulateur le profit de l'opérateur pondéré positivement. Il s'agit donc pour le régulateur régional de maximiser un surplus collectif :

$$Surplus_n = \int_{s_n}^{\infty} D(s).ds + \alpha \left( rT[D(s_n)] + s_n D(s_n) - C_{2,n} - C_1[D(s_n)] \right)$$

### 6.2 $D(s)$ , $T(D)$ et $C_1(D)$ : formes et spécification

Nous retenons pour chacune de nos deux fonctions de demande un modèle de type gravitaire (voir Bates (2000) [10]). Les modèles gravitaires - ainsi nommés par analogie avec la loi de la gravitation de Newton - sont de la forme suivante :

$$T_{i,j} = k C_{i,j}^E p_i p_j d_{i,j}^{-1} \quad \begin{array}{l} \text{où } T_{i,j} \text{ correspond à la demande de transport entre les villes } i \text{ et } j, \\ C_{i,j} \text{ est un indicateur du coût correspondant,} \\ E \text{ est l'élasticité-prix de la demande,} \\ p_l \text{ est la population de la ville } l \\ \text{et } d_{i,j} \text{ est la distance entre les deux villes} \end{array}$$

En agrégeant pour chaque région et en introduisant les variables définies dans la partie précédente, on obtient<sup>8</sup> pour la fonction de demande contractuelle :

$$D = ks^{E_{D/s}} rev^\gamma \sum_{(i,j)} p_i p_j d_{i,j}^{-1}, \text{ où } rev \text{ serait le revenu moyen des foyers fiscaux}$$

$$\text{soit : } \ln D = K + E_{D/s} \ln s + \gamma \ln rev + \ln \left( \sum_{(i,j)} p_i p_j d_{i,j}^{-1} \right)$$

Pour la fonction de trafic, un modèle gravitaire élémentaire devrait suffire pour obtenir une estimation très correcte de  $T$ . Aussi, nous estimerons les paramètres de la fonction suivante :

$$T = a D^\eta C T^\beta \sum_{(i,j)} p_i p_j d_{i,j}^{-1}$$

$$\text{soit : } \ln T = A + \eta \ln D + \beta \ln C T + \ln \left( \sum_{(i,j)} p_i p_j d_{i,j}^{-1} \right)$$

La fonction de coût  $C_1(Q)$  est censée résulter du programme de minimisation de la dépense associée à la production de  $Q$  trains.kilomètres (nous suivons la démarche classique décrite dans Pels & Rietveld (2000) [11] ; voir aussi Bauer (1990) [12]). La fonction de production est une combinaison  $Q = f(K, L, E \dots | Z^i)$  des facteurs de production (capital, travail, énergie...) nécessaires à l'élaboration du service, dont la consommation est influencée par les facteurs d'hétérogénéité  $Z^i$ . Nous retiendrons une fonction de coût correspondant à une fonction de production de type Cobb-Douglas<sup>9</sup> ; celle-ci sera donc de la forme  $C_1(Q) = mQ^\delta$ , où  $m$  est une combinaison des prix et des élasticités de substitution des facteurs que nous ne détaillerons pas (faute d'observation). Nous ne faisons pas intervenir encore à ce stade les variables  $Z^i$  ; nous verrons dans la section suivante qu'elles nous permettront de corriger l'hétérogénéité externe à la fin du traitement économétrique.

---

<sup>8</sup>À ce stade, nous conservons pour l'expression de cette fonction un modèle gravitaire élémentaire, tout en sachant qu'il sera enrichi au fil de l'analyse économétrique, afin notamment de tenir compte de la concurrence routière et des trains grandes lignes

<sup>9</sup>Le recours à ce type de fonction de production permet de ne pas faire d'hypothèses trop restrictives sur la nature des rendements d'échelle (c'est-à-dire sur le signe de  $\delta$ ). Il conviendra toutefois de tester les résultats que l'on obtiendrait en ajoutant à cette fonction de coût la variable  $l$  : longueur des voies du réseau régional

### 6.3 Résolution du problème de maximisation

$$\text{Max}_{s_n} \int_{s_n}^{\infty} D(s) \cdot ds + \alpha \left( rT[D(s_n)] + s_n D(s_n) - C_{2,n} - C_1[D(s_n)] \right)$$

$$\Rightarrow \frac{d\text{Surplus}_n}{ds}(s_n) = 0$$

$$\Rightarrow 0 = -D(s_n) + \alpha \left( r \frac{\partial T}{\partial D}[D(s_n)] \cdot \frac{\partial D}{\partial s}(s_n) + D(s_n) + s_n \frac{\partial D}{\partial s}(s_n) - \frac{\partial C_1}{\partial D}[D(s_n)] \cdot \frac{\partial D}{\partial s}(s_n) \right)$$

$$\Rightarrow D(s_n) \cdot (1 - \alpha) = \alpha \frac{\partial D}{\partial s}(s_n) \left( r \frac{\partial T}{\partial D}[D(s_n)] + s_n - \frac{\partial C_1}{\partial D}[D(s_n)] \right)$$

$$\Rightarrow s_n \frac{1 - \alpha}{E_{D/s}} = \alpha \left( r \frac{\partial T}{\partial D}[D(s_n)] + s_n - \frac{\partial C_1}{\partial D}[D(s_n)] \right)$$

$$\Rightarrow s_n \left( \frac{1 - \alpha}{E_{D/s}} - \alpha \right) = \alpha \left( r \frac{\partial T}{\partial D}[D(s_n)] - \frac{\partial C_1}{\partial D}[D(s_n)] \right)$$

$$\Rightarrow s_n = \frac{r \frac{\partial T}{\partial D}[D(s_n)] - \frac{\partial C_1}{\partial D}[D(s_n)]}{\left( \frac{1}{\alpha} - 1 \right) \frac{1}{E_{D/s}} - 1}$$

La subvention optimale qui émerge de ce programme se rapproche dans sa forme générale des solutions classiques de Ramsey-Boiteux, ce qui est normal, compte tenu de l'écriture du programme. Les différences qui apparaissent avec le cas standard proviennent du fait que la subvention exclut du prix les recettes commerciales.

La fonction trafic étant de la forme :

$$T(D) = aD^\eta \sum_{(i,j)} \left( p_i p_j d_{i,j}^{-1} \right) C T^\beta$$

D'où :

$$\frac{\partial T}{\partial D} = a\eta D^{\eta-1} \sum_{(i,j)} \left( p_i p_j d_{i,j}^{-1} \right) C T^\beta$$

La fonction de coût ayant pour expression :

$$C_1(D) = mD^\delta$$

D'où :

$$\frac{\partial C_1}{\partial D} = m\delta D^{\delta-1}$$

Comme  $P_n = s_n \cdot D_n + rT_n - C_{2,n}$ , on a donc à estimer le système de 4 équations suivant :

$$\hat{P}_n = \frac{\hat{r}\hat{a}\hat{\eta}D_n^{\hat{\eta}} \sum_{(i,j) \in n^2} \left( p_i p_j d_{i,j}^{-1} \right) CT_n^{\hat{\beta}} - m\delta D_n^{\delta}}{\left( \frac{1}{\alpha} - 1 \right) \frac{1}{E_{D/s}} - 1} + \hat{r}\hat{T}_n - C_{2,n} \quad (1)$$

$$\ln \hat{D}_n = K + E_{D/s} \ln s_n + \gamma \ln rev_n + \ln \left( \sum_{(i,j) \in n^2} p_i p_j d_{i,j}^{-1} \right) \quad (2)$$

$$\ln \hat{T}_n = \ln a + \eta \ln D_n + \ln \left( \sum_{(i,j) \in n^2} p_i p_j d_{i,j}^{-1} \right) + \beta \ln CT_n \quad (3)$$

$$\hat{R}_n = rT_n \quad (4)$$

Ce système comporte des équations simultanées (1) et (2) ; l'équation (1) étant par ailleurs non linéaire. Suivant Greene (1997) [13], nous estimerons le système par les doubles moindres carrés : l'équation (2) permet d'estimer  $E_{D/s}$  ; l'équation (3) nous donne les estimations de  $a$ ,  $\eta$  et  $\beta$  ; enfin,  $r$  est tiré de l'équation (4). Ainsi, l'équation (1) peut se mettre sous la forme réduite suivante :

$$\hat{P}_n = \frac{\hat{A}_n \cdot D_n^{\hat{\eta}}}{\hat{d}} - \frac{m\delta D_n^{\delta}}{\hat{d}} + \hat{Z}_n$$

où  $\hat{A}$ ,  $\hat{\eta}$ ,  $\hat{Z}_n$  et  $\hat{d}$  sont obtenus à partir des estimations précédentes.

Cette fonction n'est pas identifiable ; en effet, il ne sera pas possible de distinguer  $\delta$  - qui nous intéresse - du produit  $m\delta$ . Cependant, les rendements d'échelle,  $\delta$ , semblent constants ( $\delta = 1$ ) d'après les premières données dont nous disposons. Aussi, nous pourrions réaliser plusieurs simulations numériques en faisant varier les valeurs de  $\delta$  autour de 1 ; un test statistique nous permettra de retenir la valeur la plus appropriée.

## 7 Traitement économétrique

### 7.1 Méthodologie

Nous exposons ici la méthodologie retenue afin d'estimer économétriquement les scores d'efficience ; les choix effectués s'appuient en partie sur les résultats de Lovell (1993) [3], Chaffai (1997) [14], Sevestre (2002) [15], Perelman & Pestieau (1994) [16] et Kumbhakar & Lovell (2000) [17]. La démarche que nous avons suivie nous conduit à construire une frontière de coût et à évaluer l'inefficience (productive et allocative) de nos opérateurs par l'écart entre leur position et la



frontière. Nous avons choisi de recourir à l'approche paramétrique afin de disposer de certains résultats intermédiaires comme l'élasticité-prix de la demande ( $E_{D/s}$ ) ou encore les rendements d'échelle ( $\delta$ ). Enfin, parmi les différents traitements économétriques envisageables, nous travaillerons sur des données de panel, compte tenu du faible nombre de points disponibles chaque année (20). Afin de tenir compte des aléas autres que l'inefficience (erreurs de mesure...), nous estimerons une frontière stochastique, ce qui nous conduit à retenir un modèle à erreurs composées. Nous procéderons à une estimation des scores d'efficience régionaux, les  $EFI_n$ , en deux étapes. Nous estimerons d'abord les inefficiences à partir de la frontière paramétrique déterminée à la section précédente. Ensuite, nous régresserons les scores d'efficience sur les variables d'hétérogénéité  $Z_i$ . Cette décomposition de l'estimation en deux étapes permet d'atténuer les conséquences d'une éventuelle erreur de spécification dans la régression des scores d'efficience<sup>10</sup>.

## 7.2 Premiers résultats (partiels) obtenus

À partir de données disponibles pour 1997 et 1998, nous avons pu estimer des scores d'efficience régionaux, sans toutefois valider la modélisation de la demande. Les résultats de la première étape (estimation de la frontière) sont présentés dans le Tableau 1, en considérant pour variable à expliquer le coût,  $C_1$ . On peut vérifier que le coefficient associé à la variable explicative  $\ln D$  n'est pas significativement différent de 1. C'est dire que les rendements d'échelle sont relativement constants, conformément à ce que nous pressentions en proposant d'effectuer des simulations avec des valeurs de  $\delta$  proches de 1. Nous pouvons cependant remarquer que la part de la variance des résidus d'estimation affectable à l'inefficience allocative est très élevée ( $\frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2} = 0,966$ ).

Variable à expliquer : $\ln C_1$		
Observations : 40		
Variables	Coefficients	t-test
Constante	1,7871	6,372
$\ln D$	1,0456	31,796
$\sigma_u$	0,01425	
$\sigma_v$	0,00050	
Log de vraisemblance	57,45229	

TAB. 1 – Estimation par maximum de vraisemblance du modèle à effets aléatoires

<sup>10</sup>en effet, dans un tel cas, le biais n'affectera que les coefficients estimés des  $Z_i$  et non ceux de la frontière.

Les résultats de la seconde étape du processus sont indiqués dans le Tableau 2. La régression de nos scores d'efficacité sur les quasi-facteurs décrits au paragraphe 2.1 nous permet de retenir comme seul déterminant significatif le taux d'incivilités régional. En effet ce taux d'une valeur nationale moyenne de 5,1 % atteint 8, voire 9 % en Languedoc-Roussillon et PACA où la SNCF a significativement augmenté le personnel en gare chargé de l'accueil-filtrage sur les quais.

Variable à expliquer : $\ln EFI_{n,t}$		
Observations : 40		
Variabiles explicatives	Coefficients	<i>t</i> -test
Constante	0,0658	2,134
<i>Taux d'incivilités</i>	-3,2101	5,574
$R^2$	0,450	

TAB. 2 – Déterminant de l'efficacité allocative estimé par les MCO

Enfin, les scores d'efficacité régionaux corrigés et normalisés sont présentés sur la Figure 3. Ces scores varient de 0,809 à 1, le meilleur opérateur a 1.

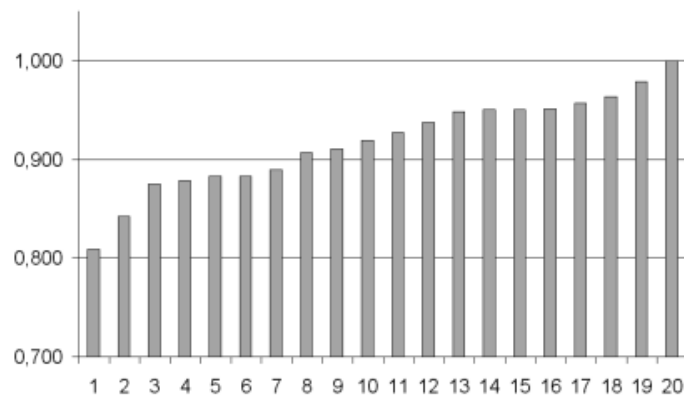


FIG. 3 – Scores d'efficacité allocative

Les sources d'inefficience susceptibles de justifier un mauvais score sont :

- les rentes informationnelles des établissements qui produisent les trains.kilomètres, auxquelles s'ajoute celle de l'activité TER régionale qui négocie le contrat avec la région.
- des rotations du personnel sous-optimales
- des mouvements à vide peu justifiés
- l'exploitation à deux agents sur des services où le conducteur suffit
- les mouvements sociaux

## Conclusion

A travers ce papier nous avons développé la structure d'un modèle permettant de comparer les performances relatives des différentes activités régionales TER de la SNCF. Notre travail aboutit à en évaluer l'efficience par le recours aux techniques des frontières de coût appliquées aux données de panel.

Bien qu'aucun résultat complet ne puisse encore être produit - faute de données disponibles -, ce modèle doit être appréhendé comme une première proposition permettant d'appliquer la concurrence par comparaison. Toutefois, plusieurs éléments du modèle pourront être affinés avec l'utilisation de données antérieures et d'un premier ensemble de données actuelles. Par ailleurs, une première estimation de scores d'efficience révèle la pertinence de la concurrence par comparaison appliquée à l'échelle régionale du service de transport ferroviaire français. En effet, ces comparaisons ont permis de mettre en évidence des écarts d'efficience conséquents entre régions, ainsi que la faible croissance des rendements d'échelle.

Plusieurs améliorations - concernant notamment l'expression de la fonction de demande - doivent encore être recherchées.

## Références

- [1] Shleifer A. (1985), « A theory of yardstick competition », *Rand Journal of Economics*, Vol. 20, pp. 41-58.
- [2] Auriol E. (2000), « Concurrence par comparaison : un point de vue normatif », *Revue économique*, Vol. 51, pp.621-634.
- [3] Lovell C.A. (1993), « Production frontiers and productive efficiency », in Fried H.O., Lovell C.A. & Schmidt S.S. (Eds.) *The measurement of productive efficiency. Techniques and applications.*, Oxford, pp. 3-67.
- [4] Waters II W.G. (2000), « Productivity measurement », in Hensher D.A. & Button K.J. (Eds.) *Handbook of transport modelling*, Pergamon, pp 335-351.
- [5] Bivand R. & Szymanski S. (1997), « Spatial dependence through local yardstick competition : theory and testing », *Economics Letters*, Vol. 55, pp.257-265.
- [6] Nash C. (2000), « Modelling performance : Rail », in Hensher D.A. & Button K.J. (Eds.) *Handbook of transport modelling*, Pergamon, pp 565-575.
- [7] Nash C. & Shires J. (2000), « Analyse comparative des chemins de fer européens - Évaluation des données actuelles et des indicateurs recommandés », *Méthodes d'analyses comparatives dans les transports*, CEMT, Éditions de l'OCDE.
- [8] Bouf D. & Péguy P.Y. (2001), « Is yardstick competition desirable for western European railways? », *International Journal of Transport Economics*, Vol. 28, N°2, pp. 205-227.
- [9] Farell M.J. (1957), « The measurement of productive efficiency », *Journal of the royal statistical society, Series A (General)*, Vol. 120, pp. 253-281.
- [10] Bates J. (2000), « History of demand modelling », in Hensher D.A. & Button K.J. (Eds.) *Handbook of transport modelling*, Pergamon, pp 11-33.
- [11] Pels E. & Rietveld P. (2000), « Cost functions in transport », in Hensher D.A. & Button K.J. (Eds.) *Handbook of transport modelling*, Pergamon, pp 321-333.
- [12] Bauer P.W. (1990), « Recent developments in econometric estimation of frontiers », *Journal of econometrics*, Vol. 46, pp. 39-56.
- [13] Greene W.H. (1997), *Econometric Analysis*, Éd. Prentice Hall.
- [14] Chaffai M.E. (1997), « Estimation de frontières d'efficience : un survol des développements récents de la littérature », *Revue d'économie du développement*, N°3, pp. 33-67.
- [15] Sevestre P. (2002), *Économétrie des données de panel*, Éd. Dunod, Paris.
- [16] Perelman S. & Pestieau P. (1994), « A comparative performance study of postal services : a productive efficiency approach », *Annales d'Économie et de Statistique*, N°33, pp. 187-202.
- [17] Kumbhakar S.C. & Lovell C.A. (2000), *Stochastic Frontier Analysis*, Éd. Cambridge University Press.